心理科学进展 2019, Vol. 27, No. 3, 557–570
Advances in Psychological Science DOI: 10.3724/SP.J.1042.2019.00557

驾驶员为何对道路关键事件“视而不见”？*
——“自下而上”和“自上而下”加工机制的交互作用

袁璐一 常若松 马锦飞

(辽宁师范大学心理学院，大连 116029)

摘 要 驾驶员“视而不见”错误是指驾驶员的视线虽然指向道路上的危险目标，却没有知觉到其存在，对交通安全构成威胁。本文首先在注意计算框架内，分别从“自下而上”和“自上而下”两种加工机制探讨诱发驾驶员“视而不见”错误的主要因素，该框架解释力不足的原因在于没有充分考虑实践经验和动机对驾驶员预期和注意定势的影响。由此提出注意计算框架扩展模型，通过“自下而上”和“自上而下”的交互作用机制对驾驶员“视而不见”错误提出综合解释。

关键词 感知凸显性；心理工作负荷；注意定势；驾驶图式；无意视盲

分类号 B849: U471.3

1 引言

在汽车与摩托车相撞事故中，有一半可归因于汽车驾驶员没有给予摩托车手优先通行权(SWOV, 2017)。这类事故往往发生在交叉路口，当摩托车在主干路上直行时，支路上的汽车没有给直行的摩托车让行并与其相撞，这被称为通行权侵犯(right of way violation) (Clarke, Ward, Bartle, & Truman, 2007; Shahar, van Loon, Clarke, & Crundall, 2012)。很多研究者对此类事故的调查结果相似：肇事驾驶员普遍声称，他们一直在注视道路，并且进行了所有必要的视觉搜索，但仍然没有看到对方车辆(Clabaux et al., 2012; Clarke et al., 2007; Martens, 2017; Crundall, Clarke, Ward, & Bartle, 2008; Shahar et al., 2012)。在交通心理学文献中，这类事故被称为“视而不见”错误(looked-but-failed-to-see error)，直译为看了却没有看见，即驾驶员的视线虽然指向道路上的危险目标(例如，其他道路使用者)，但是却没有知觉到其存在(Crundall, Crundall, Clarke, & Shahar, 2012; Greene, Murphy, & Januszewski, 2017; Law, Ghanbari, Hamid, Abdul-Halin, & Ng, 2016)。交通事故统计显示，摩托车和自行车是“视而不见”错误最常见的受害者(Department for Transport, 2016)。现有数据表明，中国摩托车保有量 0.9 亿辆，自行车保有量3.7亿辆，电动自行车1.81亿辆(新华网，“中国国际自行车展览会”，http://news.163.com/14/0427/10/9QR49JAP00014JB5.html)。因此，对中国道路交通安全而言，“视而不见”错误是一个潜在的巨大威胁。由此可见，如何规避汽车驾驶员“视而不见”错误是重要而复杂的研究课题，对于保护弱势道路使用者具有重要的现实意义。

驾驶员为什么会犯“视而不见”错误？“视而不见”本质上是注意如何影响知觉的问题(张慧，施建农，2014; Engström, Markkula, Victor, & Merat, 2017; Jacobsen, Ragland, & Komanoff, 2015)。Gu, Stocker 和 Badler (2005)在内隐和外显注意捕获研究的基础上，认为“视而不见”错误是“自下而上”的注意捕获和“自上而下”的注意调节交互作用的结果。其中“自下而上”的注意捕获受到刺激的感觉凸显性的影响，“自上而下”注意调节受到认知凸显性、心理工作负荷、注意定势以及注意能力的影响。该注意计算框架最初是由计算机科

收稿日期：2018-06-24

* 辽宁省博士科研启动基金项目“车载广播对汽车驾驶员警觉的影响机制研究” (201601242)；辽宁省教育厅人文社科项目“驾驶员归因倾向对攻击性驾驶行为的影响” (W201683617)。

通信作者：马锦飞, E-mail: majinfei666@126.com

学领域提出，目的是以参数运算的形式量化注意机制的各个环节和影响因素，实现虚拟人物的注意与知觉匹配的计算机程序化。对于汽车驾驶员来说，路况复杂多变、道路危险层出不穷，危险搜索的主观积极性和驾驶经验，对于规避“视而不见”错误尤为重要。

现有的交通心理学研究者分别探讨过意外事件的凸显性、驾驶员的心理工作负荷、注意定势及加工能力这四大类因素对驾驶员“视而不见”错误的影响(de Craen, Doumen, & van Norden, 2014; Briggs, Hole, & Turner, 2018; Crundall et al., 2008)。但是，这些因素是否存在交互作用，共同影响“视而不见”错误呢？本研究旨在以注意计算框架为视角，并结合驾驶员动机和驾驶经验因素，对注意计算框架进行扩展，系统分析驾驶员“视而不见”错误产生的原因及心理机制。

2　自下而上加工机制的解释

感觉凸显性(sensory conspicuity，也常称为对象凸显性，object conspicuity)，即一个刺激物自身所具有的，能够捕获注意的某种感觉属性，是影响“自下而上”加工机制的重要因素(Hancock, Wulf, Thom, & Fassnacht, 1990)。早在 1980 年，研究者们就发现由于摩托车在大小、颜色以及与背景环境的对比度等方面的感觉凸显性比其他机动车低，使得汽车驾驶员很难关注到他们(Thomson, 1980; Wulf, Hancock, & Rahimi, 1989)，从而增加了摩托车−汽车的碰撞事故率。因此，早期研究者认为小型非机动车的低凸显性是诱发“视而不见”错误的主要原因(Wulf, et al., 1989)。这开创了交通心理学领域“视而不见”错误研究的先河，先于 Mack 和 Rock (1998)的“无意视盲”范式的提出以及 Simon 和 Chabris (1999)的“大猩猩”实验。而无意视盲的研究也表明，刺激的大小、颜色、位置、运动等外源性线索，都会诱发被试对刺激“视而不见” (Fisher & Strayer, 2014; Gu et al., 2005)。

研究感觉凸显性对“视而不见”错误的影响时，最普遍的研究范式是静态实验范式(Atchley, Tran, & Salehinejad, 2017; Kreitz, Schnuerch, Furley, & Memmert, 2018; Law et al., 2016)。研究者首先使用车载摄像机，以驾驶员视角在十字路口或交叉路口拍摄视频，然后从视频中截取需要的图片(例如，摩托车距离摄像头的 20m 处和 60m 处)，使用电脑屏幕向被试呈现图片(呈现时间 250~600 ms)，并让被试识别场景中是否有摩托车，从而检测驾驶员是否发生“视而不见”错误(Briggs, Hole, & Land, 2016)。

2.1　对象大小对“视而不见”错误的影响

早期研究认为，相比路上的其他车辆来说，摩托车体型较小，特征不显著，因此降低了汽车驾驶员对摩托车的准确识别率(Thomson, 1980)。随后，Mack 和 Rock (1998)提出了“无意视盲”这一概念，并通过“十字静态实验范式”证实了这种假设，即非目标刺激越小，被觉察到的可能性也越低。

2.2　对象颜色对比度对“视而不见”错误的影响

关于无意视盲的基础实验研究表明，非目标刺激的颜色越鲜艳，其被识别的可能性就越高，反之就越低(Koivisto, Hyönä, & Revonsuo, 2004)。但是，由于交通环境复杂，没有哪种颜色的摩托车是绝对安全或者绝对危险的，摩托车被识别的概率更多取决于自身颜色和背景环境的对比程度，对比越明显，其感觉凸显性就越高，“视而不见”的概率也就越低。Gershon, Ben-asher 和 Shinar (2012)指出，在背景颜色复杂多样的城市环境下，观察者对身穿鲜艳衣服的摩托车手反应更快；相反，在背景颜色单一的乡村环境下，观察者对身穿黑色衣服的摩托车手反应更快。

2.3　对象亮度对“视而不见”错误的影响

对象亮度越高，其感觉凸显性就越高，观察者“视而不见”的概率也就越低。已有研究发现，摩托车手穿着荧光制服能够减少摩托车事故的发生，这是因为穿着亮眼的衣服能够增加摩托车的感觉凸显性，使之能更容易捕获其他道路使用者的注意(Shahar et al., 2012)。

提升摩托车感觉凸显性的另一个直接可行的方案是打开车头灯(Beanland, Lenné, & Underwood, 2014; Cavallo et al., 2015; Mccarley, Steelman, & Horrey, 2014)。Torrez (2008)发现，白天使用车前灯以及明亮的外壳能够使摩托车更容易被侦查到，这可能是因为车头灯增强了摩托车与背景环境的对比度。而且车头灯的使用还可以促进驾驶员对摩托车的速度−距离判断，提高摩托车的识别率(Koornstra, Bijleveld, & Hagenzieker, 1997)。然而，车头灯的效果还取决于摩托车的速度、摩托车与观察者的距离以及背景环境(Hole, Tyrrell, & Langham, 1996)。Hole 等人发现，与城市环境相比，车头灯

在半乡村环境中能取得更明显的识别效果。在实施车头灯立法后，与摩托车凸显性相关的事故的确有所减少，摩托车手严重受伤或死亡的风险有所降低(Wells et al., 2004)。

关于提升识别率方面的研究发现，明亮背景下，黑色外壳的摩托车比开着车头灯的摩托车更容易被识别，这说明摩托车配备的凸显性辅助设施的效果是否明显，取决于背景条件(Hole et al., 1996)。

3 自上而下加工机制的解释

目前，市面出售的摩托车荧光车手服和头盔已经被设计得非常醒目，但是“视而不见”错误仍屡屡发生，感觉凸显性不足以解释这种现象(Beanland, Lenné, & Rößger, 2015)。因此，学者们开始从“自上而下”的认知角度和注意资源角度来解释“视而不见”错误(Dingus et al., 2016; Engström et al., 2017)。

3.1 认知凸显性对“视而不见”错误的影响

有研究者认为，摩托车更容易被汽车驾驶员“视而不见”是由于其认知凸显性较低，认知凸显性是指目标被观察者主动锁定的能力(Cassarino & Setti, 2016)，涉及“自上而下”的加工进程，受到观察者的预期和经验的影响(Gibbs, Davies, & Chou, 2016; Law et al., 2016)。对于驾驶员来说，具有高认知凸显性的目标往往是他们经验库中存储的各类危险程度较高的客体(例如大货车、油罐车等)，这类车辆更容易捕获驾驶员的注意。然而，由于摩托车的威胁程度较低，在道路上出现的频率不高，因此不具有较高的认知凸显性，更容易被驾驶员“视而不见” (Beanland, Filtness, & Jeans, 2017)。

3.2 观察者的预期

人的信息处理能力是有限的，无法同时处理所有信息(Wulf et al., 1989)。注意帮助人们筛选他们需要的信息，并过滤不需要的信息(Martens, 2011)。Martensre 认为预期在这个过程中起到注意引导作用(引自 de Craen et al. 2014)。

驾驶员的预期决定了个体想要看到什么(Craen et al., 2014)。Gershon 等人(2012)在正式实验之前的指导语中要求被试搜寻动力两轮车，与不做要求相比，识别率增加了三倍。在该实验中，任务目标明确的指导语，可以引导预期的形成，由此增加了目标搜索的成功率。

除了明确的任务目标，目标已知的环境概率也会引导预期的形成。Shinoda, Hayhoe 和 Shrivastava (2001)让被试利用模拟器在一个虚拟城镇中行驶，利用指导语对驾驶员进行分组，要求一半驾驶员与前车保持恒定距离，另一半驾驶员在保持跟车距离的同时，还要遵守交通规则。在驾驶过程中，一个“通行”标识有时会转变成“停车”标识。这个标识或置于十字路口前，或置于道路中央。结果发现，驾驶员侦测标识变化的正确率很大程度上取决于他的任务目标以及标识的位置。当驾驶员的任务目标仅仅只是跟随前方汽车时，无论标识处于道路中央还是交叉口，被试很少侦测到标识的变化；而当要求驾驶员跟随前车并遵守交通规则时，被试更容易侦测到变化，位于交叉口前的标识的侦测率要优于位于道路中央的标识的侦测率。研究认为，“对于交通信号的可见度取决于计划内的积极搜索，计划取决于观察者的目标和已知的环境概率”。也就是说，驾驶员的任务目标以及该目标在某一场景出现的可能性，决定了他预期的产生，以及他是否会在特定地点看到特定事件，而非预期事件则很容易被“视而不见”。

有一种减少“视而不见”错误的有效改善方式是进行知觉训练。Crundall, Howard 和 Young (2017)采用 Pelmanism 知觉训练，让被试事先做摩托车卡牌的翻牌游戏，然后再去识别实验图片中的摩托车。结果表明，经过知觉训练后的汽车驾驶员识别摩托车的正确率比未做知觉训练的汽车驾驶员高。研究者推测，知觉训练能够通过增强驾驶员对摩托车的预期能力从而降低识别阈限。

3.3 心理工作负荷

Lavie (2005)的知觉理论认为，知觉能力是有限的。知觉资源会自动处理任务相关的“高优先信息”，其次是“低优先信息”。如果知觉资源有所剩余，将会同时处理非任务相关信息，直到知觉资源被消耗殆尽。驾驶任务是一个高负荷任务，汽车驾驶员认为，大型车辆比小型摩托车更具有危险性和威胁性。因此在驾驶过程中，驾驶员会优先耗费大量的注意资源关注大型车辆，剩余小部分注意资源关注小型摩托车(Law et al., 2016)。然而事实上，摩托车等小型非机动车具有体型小、操作性高以及灵活的驾驶轨迹等特点(Crundall et al., 2012; Shahar et al., 2012)，使汽车驾驶员需要更多的注意资源去识别小型非机动车。当注意资

源缺乏，就会增加驾驶员对小型摩托车“视而不见”的概率(Greene et al., 2017; Law et al., 2016)。

尤其是在双任务条件下，驾驶员注意资源流失得更为严重(Briggs et al., 2018)。随着汽车驾驶员手机分心研究的兴起，研究者常用双任务范式研究驾驶员“视而不见”错误。例如，在模拟驾驶任务中给驾驶员添加对话任务，并要求其对道路场景中的非预期刺激(独立于驾驶场景的突兀刺激，例如道路中间的人脸)做出反应(Bergen, Medeiros-ward, Wheeler, Drews, & Strayer, 2013)。研究结果表明，对话任务下的驾驶员对非预期刺激的识别率要低于专心致志的驾驶员，并且对非预期刺激的反应时更长。这是因为两个任务共享同一注意渠道并互相争夺注意资源，导致每个任务都无法拥有充足的注意资源。同时，在高负荷条件下，驾驶员为了弥补注意资源的不足，会采用习惯化的驾驶搜索图式或简捷编码，由此也造成对非预期刺激“视而不见” (Briggs et al., 2018)。

驾驶员心理工作负荷的另一种调控方式是采取尺寸感知任务范式(Cartwright-finch & Lavie, 2007), Murphy 和 Greene (2015)使用该范式验证了心理工作负荷对“视而不见”错误的影响。实验要求被试在驾驶模拟场景中(一条笔直的公路，公路两边停放着很多车辆)快速判断可否直接开车通过，还是需要移动道路两边的车辆之后才能通过。当可通行间距极端小或极端大时，被试可以轻易做出判断，属于低负荷任务；当可通行间距变得模糊，被试很难判断能否直接通过，属于高负荷任务。在关键试次中，非预期刺激(人脸或行人)出现在道路一侧，之后立即问及被试是否注意到非预期刺激，考察知觉负荷对“视而不见”的影响。实验数据显示，高负荷被试的反应时明显比低负荷被试的长，判断能否通过间距的正确率也较低。这说明尺寸间距区分负荷程度是有效的。而且，83%的高负荷被试在关键试次里没有注意到非预期刺激，即出现“视而不见”错误，而低负荷被试只有 46%忽略了非预期刺激。

Finch 和 Lavie (2007)也系统地探讨了心理工作负荷对“视而不见”错误的影响。无论是通过无意视盲研究范式的变式或是通过视觉搜索范式，他们得出了共同的结论：当前任务的心理工作负荷水平决定“视而不见”出现的概率，当前任务的心理工作负荷越大，“视而不见”出现的概率也越高。

3.4 注意能力

注意能力是指一个人同时能够注意的刺激或信息的数量(Gu et al., 2005)。注意能力受年龄差异、当时的精神状态(例如疲劳等)、认知处理(熟练化)以及生理状态(药物和酒精)的影响(Ward & Scholl, 2015)。一些研究表明饮酒会增加“视而不见”错误：中度饮酒的被试注意能力受损，更加容易出现“视而不见”错误(Shiferaw, Stough, & Downey, 2014; Harvey, Bayless, & Hyams, 2018)。在驾驶背景中，研究者们通过 Rensink 闪烁范式考察年轻和老年驾驶员对场景变化“视而不见”的差异。被试以驾驶员视角观看成对的驾驶场景照片，并尽快识别两者之间的差别。研究表明，在侦测变化方面，老年驾驶员比年轻驾驶员的识别准确率更低，反应时更长(Pringle, Irwin, Kramer, & Atchley, 2001)。而且注意广度发挥了重要作用：注意广度更大的人识别变化更快。众所周知，功能性视野随着年龄逐渐狭窄，这可能导致老年驾驶员在识别场景变化方面表现更差(Heenan, Herdman, Brown, & Robert, 2014)。

3.5 注意定势的双重影响效应

诸多事实表明，即使汽车驾驶员处于充足的注意资源条件下，仍有可能出现“视而不见”错误(Craen et al., 2014; Strayer & Fisher, 2015)。因此，研究者引入注意定势效应来解释这个现象(Beanland, et al., 2017; Borowsky, Shinar, & Parmet, 2008; Briggs et al., 2018; Pammer & Blink, 2013; Pammer, Bairnsfather, Burns, & Hellsing, 2015)。注意定势，即个体对目标刺激的相关特征所产生的预期或准备状态(张慧，施建农，2014)。或者说它是一种寻找任务相关的场景信息而忽略任务不相关信息的一种偏见(Briggs et al., 2018)。当刺激和刺激特征符合预期时，便会诱发注意定势(张慧，施建农，2014)。例如，Most 和 Astur (2007)通过驾驶模拟器诱发驾驶员的注意定势。他们要求被试在路口跟随路标(黄色或蓝色箭头)的指示通行。在第十个交叉路口，一辆黄色或蓝色的摩托车出乎意料地转入驾驶员车辆的行驶路线，然后停下来。驾驶员必须对此事件作出反应，以避免碰撞。当摩托车的颜色与驾驶员的注意定势不一致时，制动潜伏期比一致情况下长 186 ms。另外，在不一致条件下，36%的驾驶员与摩托车发生碰撞，而在一致状态下只有 7%。他们认为，这表明注意定势可能会

降低个体的情景意识，尤其会导致经验驾驶员在面对意外刺激时出现“视而不见”错误，进而恶化交通状况。

但是，也有研究者提出，注意定势涉及到驾驶情境里的常见物体和操作习惯(Pammer & Blink, 2013)，而这会帮助我们更有效的搜索目标刺激，使驾驶员信息处理效率更高，并能降低心理工作负荷(Gu, et al., 2005)。

关于驾驶员注意定势效应的心理机制及产生效果，研究者从当前知觉组织形式(简捷编码)、以往驾驶经验累积和刺激之间语义一致性三个方面进行了大量探索。

4　驾驶员注意计算框架扩展模型的新增变量及交互作用解释

4.1　驾驶员注意计算框架及扩展模型

Green (2004)整理了以往医疗领域、工程领域和交通领域由于观察者“视而不见”错误而酿成的事故案例，提炼出影响“视而不见”错误的四个主要因素：凸显性(感知凸显性和认知凸显性)、预期、心理工作负荷和注意能力。Gu 等人(2005)称之为“四因素模型”，他们将这四因素和注意定势的新近研究进展相结合，应用到虚拟计算机人物的知觉匹配问题中，由此提出了注意计算框架，试图解释三个问题：影响个体“视而不见”意外事件的刺激属性有哪些；何种刺激能被允许或拒绝进入意识，由何种感知控制机制决定；当我们缺乏对某一场景的注意时，我们能感知到多少信息。

注意计算框架主要从计算机程序运算的角度，探讨知觉匹配过程，分析了内部驱动的“自上而下”的设置和外部驱动的“自下而上”的输入的协同机制。具体来说，“自下而上”机制通过场景中对象的“凸显性” (感觉凸显性特征)来过滤感觉信息并计算出客观凸显性地图。颜色、对比度和运动等主要的视觉特征都会由这个过滤器过滤。同时，“自上而下”加工过程中的预期和认知凸显性模块，决定注意定势在视觉搜素中的功能。注意定势是记忆中维护任务突出属性的主观特征储藏池。如果客观凸显性地图不能和观察者的主观特征储藏池相匹配的话，就会诱发“视而不见”错误。

Gu 等人的初衷是想把每个影响因素当成可量化的变量，并通过计算框架，输入每个变量的特定参数计算观察者“视而不见”的概率，但是实验结果并不乐观。究其原因，是因为注意计算框架仍把人看做独立的计算机，而没有将人看做是社会实践经验和个人主观能动性交互作用的产物，也没有考虑到个体知觉匹配过程中信息编码的独特性和有限性。Crundall 等人(2008)提出的汽车−摩托车碰撞解释框架认为，驾驶图式是驾驶员注意搜索策略和危险知觉的关键影响因素。本研究以注意计算框架为主体，结合汽车−摩托车碰撞解释框架的驾驶图式概念，并辅以新近研究中的驾驶员动机变量及驾驶员编码特征(Crundall et al., 2008; Sänger & Wascher, 2011; Craen et al., 2014)，形成注意计算框架扩展模型，通过“自下而上”和“自上而下”的交互作用机制来解释“视而不见”错误，见图 1 (虚线模块为本研究新增变量)。

4.2　驾驶图式的影响

4.2.1　驾驶图式对预期的积极影响

在原有的注意计算框架中，个体预期由任务相关特征激活，由此形成注意定势并识别目标刺激。但是，任务相关特征能够直接激活个体预期吗？大量关于驾驶员危险知觉的研究表明，新手驾驶员和经验驾驶员面对相同的危险识别任务，反应时和识别率表现出显著差异，究其原因，驾驶经验图式在其中起到了指导作用(Agrawal, Knodler, Fisher, & Samuel, 2017; Chan, Pradhan, Pollatsek, Knodler, & Fisher, 2010; Fisher, Pradhan, Pollatsek, & Jr Knodler, 2007)。而注意计算框架恰恰忽略了个体间经验图式的差异。Crundall 等人(2008)认为，对驾驶行为最直接的影响来自驾驶图式，驾驶图式是指导驾驶员在给定环境中，应该观察哪里、预期什么、并以此做出行为决策的行动准则或模板。Crundall 等人还提出，图式既包含普遍的规则(如定期观察左右车镜，水平扫描等)，也表征特定概念、事物或事件的认知结构，影响对相关信息的加工过程。对于具体的交通事件，驾驶员会形成具体的子图式，例如，当驾驶员行驶到陌生的环岛路口时，特定的路况特征会激活经验积累的关于环岛通行规则的驾驶图式，帮助驾驶员顺利通过。结合 Crundall 等人的这一观点，在原有注意计算框架中的任务特征和预期之间，研究者应考虑新增驾驶图式变量，由此可以提出新的假设：特定驾驶任务的相关特征，能够激活特定驾驶图式，并以预期为中介变量影响视觉搜索行为。

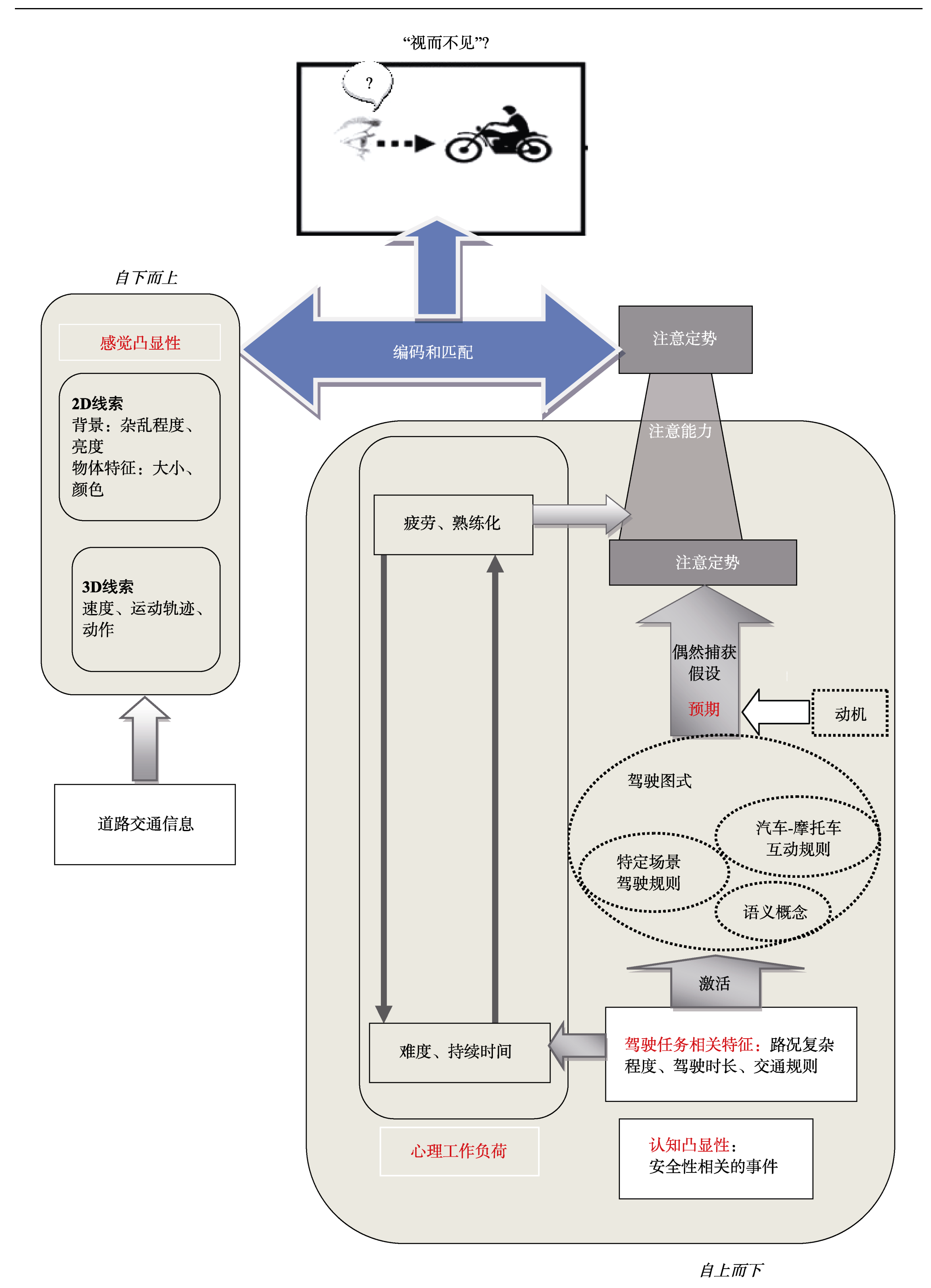


图 1 驾驶员注意计算框架扩展模型(改编自 Gu 等, 2005)

当汽车驾驶员与某类道路使用者互动机会较少时，将无法充分发展恰当的互动经验图式，这将增加汽车驾驶员对非预期目标“视而不见”的可能性。有效的改善方式是，随着驾驶里程的增长，不断丰富和完善驾驶图式(Crundall et al., 2012)。换句话说，驾驶员只有通过在不同的环境中反复接触同类情境，提取抽象规则，形成一般化或特殊化的驾驶图式，才能够形成特定的危险预期，为一般视觉搜索策略提供指导(Land & Furneaux, 1997)。Fisher 等人发现，随着驾驶图式的累积和完善，驾驶员提升了危险预期能力，能够快速定位潜在危险事件(引自 Crundall et al., 2008)。

跨文化研究也发现，地方交通文化特点会潜移默化地影响当地驾驶员，形成特色驾驶图式。Lee, Sheppard 和 Crundall (2015)假设，居住在摩托车密集地区的驾驶员，不管他有没有驾驶摩托车的经验，都应该能更好地检测行驶过程中遇到的摩托车。于是，Lee 等人比较了马来西亚驾驶员和英国驾驶员感知不同距离(远、中、近)接近车辆(摩托车和汽车)的能力(在马来西亚，摩托车非常常见，而英国正好相反)。实验结果表明，马来西亚驾驶员和英国驾驶员在总体上感知接近车辆的能力没有差异，但是马来西亚驾驶员感知远距离摩托车的能力要优于英国驾驶员。说明驾驶图式对驾驶员的远距离预期能力起到了积极影响。

4.2.2　固化的驾驶图式产生消极的注意定势

驾驶图式虽然能够提升驾驶员的预期能力，但是在非预期事件中，固化的驾驶图式可能会带来先入为主的成见，产生消极的注意定势效应。Langham, Hole, Edwards 和 O’Neil (2002)设计了一个实验，他们让被试看一系列以驾驶员为视角的视频，并在识别危险(危险具有未知性)后尽快按键。在其中一个片段中，有一辆闪灯的警车停在路中。视频画面逐渐靠近路中的警车，这在现实生活中是一种很危险的情况，需要驾驶员改变车道避免碰撞。给一半驾驶员呈现该警车在行车方向上，笔直地停在路中(就像此车已经抛锚); 给另一半驾驶员呈现警车以 45 度角停在路中。在这个实验中，驾驶员对于同向停靠的警车比成角度停靠的警车反应更慢。在后续实验中，当要求驾驶员同时进行接打手机任务时，这种效应更加显著。视频是在晴朗的白天拍摄的，而且警车两侧和后面都有不同寻常的反射光条，并在上方有蓝红闪灯，因此这些车辆从外观上看十分显著，很难用知觉局限来解释这些事故。Langham 等人认为，车辆在道路中间抱死是一种非预期事件，如果驾驶员看见前方有一辆车，会先入为主地假定它与自己同方向前进，唯一能驳倒这种假定的线索是，静止的车辆在视网膜上的成像半径会逐渐增大，但是当这种线索被注意到时，碰撞已经不可避免。而呈 45 度角方向抱死的车辆，之所以能够快速引发驾驶员注意，是因为这种场景与预期不符，可以打破图式。这一研究表明，驾驶图式越固化，驾驶员越容易忽视非预期事件。

除了这种固化的驾驶图式，还有关于道路标志位置和行驶路线的固化驾驶图式也会诱发驾驶员的“视而不见”效应。Borowsky 等人(2008)向经验驾驶员和新手驾驶员展示典型的道路标志(例如，禁止右转)，路标分别放在道路的右侧(正常情况)和左侧(意外情况)。经验驾驶员更容易习惯性探测道路右侧，而忽视左侧路标，新手驾驶员则不受路标位置的影响。Charlton 和 Starkey (2013)做了一个跟踪实验，他们让被试在驾驶模拟器里沿着一条固定的路线定期驾驶三个月。在 20 节课程中收集了一系列的测量指标，包括刺激检测率和驾驶绩效。数据显示，随着时间的推移，累积的驾驶经验使驾驶员“视而不见”错误的频率有所提高，而且驾驶员最有可能在离自己家很近的地方卷入意外危险。未来研究者可以继续深入挖掘驾驶员还有哪些固化的驾驶图式，并结合各类道路非预期事件，将极大地拓展驾驶员“视而不见”研究。

4.2.3　图式的语义一致性注意定势效应

以往有关注意定势的研究主要集中在刺激的局部特征方面。随着研究的深入，对象之间的语义联系成为注意定势研究的焦点问题。语义一致性定势效应，即人们对具有一致语义特征的对象、情景或行为产生心理模板的认识(Pammer & Blink, 2013)。Pammer 和 Blink 让被试在城市或者乡村环境中识别非预期刺激(行人和动物)。通过识别的正确率和反应时来研究背景环境和非预期刺激的一致性是否影响“视而不见”错误的发生。结果证明，在城市环境下，被试更容易发现行人，而在乡村环境下，被试更容易发现动物。因为被试显而易见的认为城市环境和行人是一致的，而乡村环境和动物是一致的。

这一研究的创新在于，研究者仅仅是通过指导语将驾驶环境信息告知被试，便能诱发特有的注意定势模式，由此超越了刺激简单特征，在“自上而下”的高级意义加工过程中探索注意定势效应，发展成语义模式下概念信息的定势理论。虽然，注意定势在某种程度会加大“视而不见”或无意视盲出现的概率，但是也能减轻人们的心理工作负荷，提升搜索效率。以往研究中对于语义一致性定势的消极效应研究较多，未来研究者可以进一步考察其积极效应。

4.2.4 驾驶图式丰富性对“视而不见”错误的影响

驾驶图式在驾驶经验累积过程中不断完善，因此，研究者大多通过划分驾驶经验类型评估驾驶图式。驾驶经验有两个划分维度：驾驶时间和驾驶车辆类型(Costa et al., 2014)。Borowsky 等人(2008)根据驾驶时间长短将驾驶员划分为新手驾驶员(驾驶时间至多 5 个月)和经验驾驶员(驾驶时间至少 5 年)。Crundall 等人(2008)根据驾驶车辆类型将驾驶员划分为汽车驾驶员(只驾驶过汽车)和双重经验驾驶员(dual-driver，既驾驶过汽车，也驾驶过摩托车)。研究者通常让具有不同经验的驾驶员进行静态范式实验，探究经验以及经验和其他因素的交互作用对“视而不见”错误的影响(Crundall et al., 2017)。

Crundall 等人(2008)使用问卷调查发现，汽车驾驶员和双重经验驾驶员对摩托车手的态度和信念不同，这可能导致汽车驾驶员缺乏一个心理模型指导他们与摩托车手互动。对同理心态度的分析显示，双重经验驾驶员对寻找摩托车手的必要性有更深的了解，这可能是因为他们对摩托车手面临的危险和困难有直接的经验。

受到问卷调查结果的启发，Crundall (2017)等人采用静态实验范式发现，与检测摩托车相比，双重经验驾驶员和汽车驾驶员都对汽车的检测率较高，反应时较快。但是双重经验驾驶员识别远距离摩托车的正确率要高于汽车驾驶员，且反应时更快。研究者推测，双重经验驾驶员因为拥有更丰富的驾驶图式，有效避免了摩托车“视而不见”错误。

以上研究充分说明，驾驶经验能否减少“视而不见”错误，并不取决于单一驾驶经验累积时间的长短。即使驾驶经验累积时间很长，但是如果经验系统中仅有一种特定图式，并不利于形成合理预期和搜索策略的选择；“视而不见”错误的减少，更依赖于经验系统中驾驶图式的丰富性和多样性，多样的图式能够帮助驾驶员在各种驾驶情境中，甄别“非典型”事件，从而增加对偶然事件或非常规事件的预期能力。

4.3 驾驶员目标搜索动机对预期的调节作用

如果观察者对搜索非预期目标抱有积极动机，能够减少“视而不见”错误(Craen et al., 2014; Sänger & Wascher, 2011)。在金钱奖励驱动下，观察者能够更准确地识别出道路上的摩托车以及其他非预期刺激(Crundall, Clarke, & Shahar, 2011; Musselwhite, Avineri, Susilo, & Bhattachary, 2012)。

在驾驶过程中，驾驶员的搜索动机取决于自身的安全需要。有研究者认为，由于汽车比摩托车更具危险性，因此驾驶员往往把主要注意资源用于搜索汽车，此时摩托车便成为一种“非目标刺激” (Son & Park, 2017)。如果驾驶员在岔道口只期待看到汽车，那么关于摩托车的信息就很难进入意识(Wulf et al., 1989)。正因为如此，一旦遇到摩托车，驾驶员会猝不及防。以上事实说明驾驶员安全教育的重要性，如果提前向驾驶员普及关于摩托车识别的安全知识，增加其搜索摩托车的安全动机，将有效减少“视而不见”错误。

4.4 简捷编码的知觉定势效应

在驾驶过程中，由于车速较快，交通环境复杂多变，驾驶员无法对环境信息进行精细编码，简捷编码(shorthand codes)便成为一种有效的替代编码方式，这种方式通过积累经验逐渐自动化(Langham, 1999)。简捷编码是一种相对简单的知觉组织形式，驾驶员习惯性地将目标刺激的某个知觉属性与特定的驾驶环境相联系，并作为行动依据(Parthemore & Morse, 2010)。Hole 等人(1996)最先证明了驾驶员的这种简捷编码方式，他们让被试以驾驶员等候并道的视角，观看一系列交通场景幻灯片。首先，要求他们反复观看使用车头灯的摩托车照片，再让他们在众多图片里搜寻摩托车。结果发现，驾驶员在识别没开车头灯的摩托车时反应明显较慢，有的驾驶员甚至视而不见。这意味着驾驶员们正在寻找车头灯而不是摩托车。被试过于依靠车头灯(尤其在远距离)来识别摩托车，实际上是以忽视摩托车非典型线索为代价，提升侦测摩托车典型线索的效率，由此可以推测一种普遍现象：车头灯成为摩托车的简捷编码线

索，驾驶员对这种线索的预期产生了知觉定势。

Langham (1999)也做了类似的实验，他给被试呈现一系列驾驶员并道时的视频短片(以驾驶员视觉拍摄)，被试需要确定每个短片中是否有车辆(摩托车或者轿车)正在接近。在一些短片中，摩托车用移动的灰色垂直矩形代替，汽车用移动的灰色横向矩形代替。实验结果是，被试常常将矩形误认为是车辆，并迅速作出反应。与新手驾驶员相比，职业交警驾驶员这种效应表现得更为显著，这表明有经验的驾驶员更加依靠简捷编码(Parthemore & Morse, 2010)。

4.5 “自下而上”和“自上而下”加工机制的交互作用

在注意计算框架中，个体的注意捕获依赖外部“自下而上”的刺激输入和内部“自上而下”加工的合作。感觉凸显性以“自下而上”的方式进行加工，而认知凸显性、心理工作负荷、预期和注意能力则属于“自上而下”的加工系统。当道路信息输入后，外界刺激的感觉凸显性(如颜色、对比度)“自下而上”驱动外源性注意捕获机制，对感觉信息进行过滤。与此同时，经验系统“自上而下”对信息进行匹配和整体理解，并引导选择性注意。对于当前特定的搜索任务，搜索的重点对象往往是具有高认知凸显性的事物。例如，在驾驶员道路危险搜索任务中，具有高认知凸显性的刺激是那些对驾驶员而言具有高危险意义的客体，例如大型车辆、行人等。

除了搜索目标本身的感知凸显性，任务相关特征也决定着搜索效率。例如，相同特征的驾驶任务对不同驾驶经验的驾驶员的主观难度是不同的，驾驶任务主观难度越大、驾驶持续时间越长，驾驶员的心理工作负荷就会越大，导致搜索效率越低。如果心理工作负荷超载或负荷不足，将引发驾驶员主动疲劳或被动疲劳；如果负荷适中，驾驶员将适应驾驶任务。反之，个体的疲劳状态也会反作用心理工作负荷。例如，相同的任务，对疲劳驾驶员来说，将变得负荷超载。驾驶员的疲劳或适应状态直接影响其注意能力，当注意能力不足，驾驶员无法充分完成感觉信息的编码和知觉匹配，增加“视而不见”错误的可能性；但即使有充足的注意资源，“视而不见”错误依然可能会因注意定势而发生。

在原有的注意计算框架中，任务相关特征以预期为中介变量，影响注意定势。但是，任务相关特征仅涉及到任务本身的客观特点(如，两地之间的客观距离、环岛路口的法定行驶方式等)，而预期则是个体根据自身知识背景和以往经验所产生的对未来情况的估计。由此可见，任务相关特征不能直接引发特定预期，而必须以知识背景或经验为中介变量。驾驶员如果想要完成特定任务(例如通过环岛路口)，必须依赖以往经验积累的图式来预期环境变化，控制行为。因此，在原有模型中我们新增了驾驶图式变量，作为特定驾驶任务影响预期的中介变量，对预期产生激活作用。新近的研究表明，被激活的预期，其活跃性受到驾驶员动机的调节，因此我们加入动机因素，作为预期的调节变量。预期是对未来情况的估计，这种先入为主的假定倾向使个体产生一种注意准备状态，即注意定势。在常规情况下，注意定势可以让驾驶员在复杂的驾驶环境中进行简捷编码，提高注意能力和知觉匹配效率；但是，在非常规情况下，注意定势会让驾驶员忽视非预期刺激或错误编码，诱发“视而不见”错误的产生(Langham, et al., 2002; Parthemore & Morse, 2010)。

5 总结与展望

5.1 驾驶员“视而不见”研究方法的局限与改进

目前，静态范式是驾驶员“视而不见”研究的主流范式，静态范式的优点是：可以严格控制实验条件，并对许多变量(刺激类型、大小、颜色、出现位置等)进行操控。但是存在如下问题：首先，静态范式是在封闭实验室里采用电脑呈现图片的方法让被试识别非预期刺激，然而图片显示的只是一瞬间(150~600 ms)的驾驶场景，无法让被试根据已有的背景环境信息做出合理的判断。而且，图片材料不能反映刺激的变化对“视而不见”的影响(即，变化视盲)，这并不符合真实驾驶情境；第二，由于沿途环境的变换，非预期刺激与背景环境的对比也会发生改变，静止的图片材料只能提供单一背景，可能会模糊这一影响因素。例如，某些摩托车凸显性改善措施(车身亮度)在静态范式中可能有效，但是由于驾驶环境的不断变化，在动态视频中这种效果可能会被抵消或减少(高亮车身在明亮背景中可能会变得不如在阴暗背景中明显)；第三，之前的实验往往让被试带着明确的目标(即检测预期刺激或事件)，观看图片并做出识别反应。这种实验范式虽然强调了被试对非预

期刺激的识别，但是在真实驾驶情境中，驾驶员还需要制动或转向操作，这无疑降低了实验难度，无法完全反映被试在实际驾驶情景中的心理工作负荷和认知操作过程。综上，“视而不见”错误的静态实验范式的外部效度有待商榷，相关研究结果应该谨慎对待。

因此，为了获得更准确的研究结果，未来的研究有必要改进实验方法，使用更真实、被试能够主动控制的驾驶模拟器或道路真实任务来重复这些实验(真实的驾驶活动包括改变路线、在规定时间内驾驶到目的地等)。眼动测量可以成为验证这一假设的强力手段。研究者根据驾驶员的眼动轨迹和视觉搜索模式可以进一步了解，为什么驾驶员会侦测不到非预期的驾驶相关事件。同时，眼动测量法还可以结合驾驶模拟器研究，采用改变路线、时间压力等模拟驾驶任务，对“视而不见”的危险知觉机制进行全面考察，而不仅仅只是搜集驾驶员对静态图片刺激或单一道路事件的反应时数据。通过动态场景研究，还可以进一步分析驾驶员在哪个驾驶时间段更容易出现“视而不见”错误，从而丰富驾驶警觉和驾驶分心研究。

除此之外，未来研究者还可以采用危险知觉研究的动态范式，将非预期刺激的感知凸显性和位置因素融入道路情境中，与道路危险意义相结合。例如，播放道路场景视频，在危险刺激完全暴露之前，暂停视频播放，让被试根据已有的情境知觉，预测下一刻可能会发生什么情况(Ciceri & Ruscio, 2014)。或者在视频结束后，让被试阐明在此情境中，他们的安全关注点在什么地方(例如，速度调节还是车道维持等)。按照负荷理论，比起执行单任务的驾驶员，双任务条件下，心理负荷超载的驾驶员可能会更多地依赖已有的图式框架进行预期，由此更容易诱发注意定势，这将方便研究者更加直接地将驾驶员的基本图式框架提取出来，对驾驶员注意计算框架进行验证和完善。

5.2 驾驶员注意计算框架扩展模型的验证与完善

如果驾驶员“视而不见”研究方法的生态效度问题得以解决，将激发对驾驶员“视而不见”错误本质的新探索，使该模型进一步丰富和完善。

第一，在“自下而上”的加工系统里，除了现有的对于大小、颜色、对比度等感觉凸显性的研究之外，非预期事物的运动轨迹也是需要考察的重点。例如，有规律的运动轨迹和无规律的运动轨迹相比，哪种条件更容易诱发驾驶员的“视而不见”？突兀夸张的动作一定能避免“视而不见”吗？而且，从“自下而上”的角度来看，非预期刺激的凸显性和位置是影响驾驶员反应速率的重要变量。而在以往的实验中，这两个变量往往没有进行独立考察，而是被整合成一个单一因素。如果能够将这两个因素分离，并在动态范式中考察交互作用，可能会出现不同的结果。

第二，在“自上而下”的加工系统里，是否还有尚未发现的诱导驾驶员发生“视而不见”错误的因素？例如，如果假设双任务会加大注意定势对危险知觉的影响程度，那么考察个体情境意识持续刷新能力的个体差异所起的调节作用将非常有理论和实践意义，而这一问题可以以测量个体的工作记忆能力为切入点。此外，负荷理论认为，“熟练化”操作会降低被试的心理工作负荷，从而剩余更多的注意资源察觉意外刺激。然而 Charlton 和 Starkey (2013)的实验却表明驾驶员在熟悉环境中更容易发生“视而不见”。之所以得出相反的结论，是因为驾驶员的“熟练化”依赖本人的驾驶经验，而以往的实验混淆了对驾驶经验类型的定义。我们认为，驾驶经验不能仅依靠驾驶里程和驾驶年龄进行简单划分，还应该考量驾驶经验的丰富性和多样性。例如，在固定路线(家和工作地点之间)驾驶越久的驾驶员，反而会产生消极的注意定势(Charlton & Starkey, 2013)；而多样化驾驶环境或许更有利于积极注意定势的产生。未来研究者如果要验证这一假设，需要构建一个“驾驶员经验体系”，系统而详细地划分经验类型。例如：简单或复杂路况的驾驶里程或驾龄，长途汽车驾驶员和私家车汽车驾驶员，山城汽车驾驶员和平原汽车驾驶员等，以便对“经验”这个自变量进行明确操作。这样才能更有针对性地考察驾驶员在何种情境下，对何种意外事件更容易“视而不见”。

5.3 应用注意计算框架扩展模型减少驾驶员“视而不见”错误

如果驾驶员注意计算框架扩展模型能够得到充分验证和完善，将为驾驶员“视而不见”错误的改善策略提供科学依据。例如，如果充分验证分心任务会加重注意定势的消极影响，那么对分心驾驶员进行教育将具有重要的实践意义。应该让驾驶员了解，即使在不分心的情况下，他们的注

意分配策略也会受到定势的左右。而在进行分心任务时，由于注意资源不足，注意定势对危险知觉和关键驾驶事件应激反应的消极损害将更加明显。未来研究者可以从两个方面完善危险知觉测试以提高驾驶员的安全意识，避免“视而不见”错误。第一，在驾校测试中增加非预期危险事件，提高驾驶员对危险突发事件的预期能力，抵消注意定势的消极影响；第二，对驾驶员进行危险知觉评价训练，例如，让驾驶员判断当前驾驶情境是否危险并评判危险等级，并给予经验驾驶员的视听反馈；或让受训驾驶员完成 Pelmanism 任务(一种匹配易受伤道路使用者的翻牌游戏)，提高他们对易受伤道路使用者的敏感性，促进注意定势的积极影响，从而训练驾驶员在特定驾驶场景中合理的分配注意资源。

同时，未来研究者还可以考虑如何将已有的理论成果应用于道路信息标识的方案设置。例如，许多电子高架道路标志经常滚动提示“前方堵塞”或“安全带挽救生命”等安全信息，这些道路标识是否会影响驾驶员的预期和注意定势？如何呈现才能更有效地提高驾驶员对路标信息的获取效率？这些问题的探索对改善道路安全意义重大。

在日常生活中，“视而不见”错误看似无足轻重，并且发生的概率很小。然而海因希里法则(Jehring, 1931)指出：每一起严重事故的背后，必然有 29 次轻微事故和 300 起未遂先兆以及 1000 起事故隐患。这说明，在安全生产生活中，任何一点小概率事件都会造成重大损失。驾驶员“视而不见”错误研究的兴起，为工程心理学其他领域的研究者打开了一扇窗口，其范式和理论框架可以广泛拓展到其他安全生产领域问题，对各行业安全文化的构建具有重要的实践意义。

参考文献

张慧, 施建农. (2014). 无意视盲的认知神经机制. *心理科学进展*, 22(12), 1867–1874.

Agrawal, R., Knodler, M., Fisher, D. L., & Samuel, S. (2017, October). *Advanced virtual reality based training to improve young drivers' latent hazard anticipation ability*. Paper presented at the meeting of Human Factors and Ergonomics Society. Massachusetts.

Atchley, P., Tran, A. V., & Salehinejad, M. A. (2017). Constructing a publically available distracted driving database and research tool. *Accident Analysis & Prevention*, *99*, 306–311.

Beanland, V., Filtness, A. J., & Jeans, R. (2017). Change detection in urban and rural driving scenes: Effects of target type and safety relevance on change blindness. *Accident Analysis & Prevention*, *100*, 111–122.

Beanland, V., Lenné, M. G., & Rößger, L. (2015). Psychological factors in seeing motorcycles. In L. Rößger, M. G. Lenné, & G. Underwood (Eds.), *Increasing motorcycle conspicuity: Design and assessment of interventions to enhance rider safety* (pp. 21–50). Aldershot, UK: Ashgate.

Beanland, V., Lenné, M. G., & Underwood, G. (2014). Safety in numbers: Target prevalence affects the detection of vehicles during simulated driving. *Attention Perception & Psychophysics*, *76*(3), 805–813.

Bergen, B., Medeiros-ward, N., Wheeler, K., Drews, F., & Strayer, D. (2013). The crosstalk hypothesis: Why language interferes with driving. *Journal of Experimental Psychology: General*, *142*(1), 119–130.

Borowsky, A., Shinar, D., & Parmet, Y. (2008). The relation between driving experience and recognition of road signs relative to their locations. *Human Factors*, *50*(2), 173–182.

Briggs, G. F., Hole, G. J., & Turner, J. A. J. (2018). The impact of attentional set and situation awareness on dual tasking driving performance. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology & Behaviour, 57*, 36–47.

Briggs, G. F., Hole, G. J., & Land, M. F. (2016). Imagery-inducing distraction leads to cognitive tunnelling and deteriorated driving performance. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, *38*, 106–117.

Cartwright-finch, U., & Lavie, N. (2007). The role of perceptual load in inattentional blindness. *Cognition*, *102*(3), 321–340.

Cassarino, M., & Setti, A. (2016). Complexity as key to designing cognitive-friendly environments for older people. *Frontiers in Psychology*, *7*, 1329.

Cavallo, V., Ranchet, M., Pinto, M., Espié, S., Vienne, F., & Dang, N-T. (2015). Improving car drivers' perception of motorcycle motion through innovative headlight configurations. *Accident Analysis & Prevention 81*, 187–193.

Chan, E., Pradhan, A. K., Pollatsek, A., Knodler, M. A., & Fisher, D. L. (2010). Are driving simulators effective tools for evaluating novice drivers' hazard anticipation, speed management, and attention maintenance skills. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, *13*(5), 343–353.

Charlton, S. G., & Starkey, N. J. (2013). Driving on familiar roads: Automaticity and inattention blindness. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, *19*,

121–133.

Ciceri, M. R., & Ruscio, D. (2014). Does driving experience in video games count? Hazard anticipation and visual exploration of male gamers as function of driving experience. *Transportation Research Part F: Psychology & Behaviou, 22*, 76–85.

Clabaux, N., Brenac, T., Perrin, C., Magnin, J., Canu, B., &Van Elslande, P. (2012). Motorcyclists' speed and "looked-but-failed-to-see" accidents. *Accident Analysis & Prevention*, *49*, 73–77.

Clarke, D. D., Ward, P., Bartle, C., & Truman, W. (2007). The role of motorcyclist and other driver behaviour in two types of serious accident in the UK. *Accident Analysis & Prevention*, *39*(5), 974–981.

Costa, M., Simone, A., Vignali, V., Lantieri, C., Bucchi, A., ... Dondi, G. (2014). Looking behavior for vertical road signs. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, *23*, 147–155.

Crundall, D., Clarke, D., Ward, P., & Bartle, C. (2008). Car drivers' skills and attitudes to motorcycle safety: A review. *Road Safety Research Report NO.85*. Department for Transport, London.

Crundall, D., Clarke, D., & Shahar, A. (2011). Car drivers' attitudes and visual skills in relation to motorcyclists. *Road Safety Research Report No. 121*. Department for Transport, London.

Crundall, D., Crundall, E., Clarke, D., & Shahar, A. (2012). Why do car drivers fail to give way to motorcycles at t-junctions? *Accident Analysis & Prevention*, *44*(1), 88–96.

Crundall, D., Howard, A., & Young, A. (2017). Perceptual training to increase drivers' ability to spot motorcycles at T-junctions. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology & Behaviour*, *48*, 1–12.

de Craen, S., Doumen, M. J. A., & van Norden, Y. (2014). A different perspective on conspicuity related motorcycle crashes. *Accident Analysis & Prevention*, *63*, 133–137.

Department for Transport. (2016). Reported road casualties Great Britain: main results: 2015 Retrieved from.on14/10/16https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/533293/rrcgb-main-results-2015.pdf.

Dingus, T. A., Guo, F., Lee, S., Antin, J. F., Perez, M., Buchanan-King, M., ... Hankey, J. (2016). Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *113*(10), 2636–2641.

Engström, J., Markkula, G., Victor, T., & Merat, N. (2017). Effects of cognitive load on driving performance: The cognitive control hypothesis. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *59*(5), 734–764.

Fisher, D. L., Pradhan, A., Pollatsek, A., & Jr Knodler, M. (2007, December). *Empirical evaluation of hazard anticipation behaviors in the field and on driving simulator using eye tracker*. Paper presented at The 86th Transportation Research Board annual meetings. Washington, DC.

Fisher, D. L., & Strayer, D. L. (2014). Modeling situation awareness and crash risk. *Annals of Advances in Automotive Medicine, 58*, 33–39.

Gershon, P., Ben-asher, N., & Shinar, D. (2012). Attention and search conspicuity of motorcycles as a function of their visual context. *Accident Analysis & Prevention*, *44*(1), 97–103.

Gibbs, R., Davies, G., & Chou, S. (2016). A systematic review on factors affecting the likelihood of change blindness. *Crime Psychology Review, 2*(1), 1–21, DOI: 10.1080/23744006.2016.1228799.

Greene, C. M., Murphy, G., & Januszewski, J. (2017). Under high perceptual load, observers look but do not see. *Applied Cognitive Psychology*, *31*(4). DOI: 10.1002/acp.3335.

Green, M. (2004). *Inattentional blindness and conspicuity*. Retrieved November 10. http://www.visualexpert.com/Resources/inattentionalblindness.html

Gu, E., Stocker, C., & Badler, N. I. (2005). Do you see what eyes see? Implementing inattentional blindness. *Lecture Notes in Computer Science, 3661*, 178–190.

Hancock, P. A., Wulf, G., Thom, D., & Fassnacht, P. (1990). Driver workload during differing driving maneuvers. *Accident Analysis & Prevention*, *22*(3), 281–290.

Harvey, A. J., Bayless, S. J., & Hyams, G. (2018). Alcohol increases inattentional blindness when cognitive resources are not consumed by ongoing task demands. *Psychopharmacology*, *235*(1), 309–315.

Heenan, A., Herdman, C. M., Brown, M. S., & Robert, N. (2014). Effects of conversation on situation awareness and working memory in simulated driving. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *56*(6), 1077–1092.

Hole, G. J., Tyrrell, L., Langham, M. (1996). Some factors affecting motorcyclists' conspicuity. *Ergonomics*, *39*(7), 946–965.

Jacobsen, P. L., Ragland, D. R., & Komanoff, C. (2015). Safety in numbers for walkers and bicyclists: Exploring the mechanisms. *Injury Prevention Journal of the International Society for Child & Adolescent Injury Prevention*, *21*(4), 217–220.

Jehring, J. (1931). Industrial accident prevention: A scientific

approach by H. W. Heinrich. *Industrial & Labor Relations Review*, *4*(4), 609.

Koivisto, M., Hyönä, J., & Revonsuo, A. (2004). The effects of eye movements, spatial attention, and stimulus features on inattentional blindness. *Vision Research*, *44*(27), 3211–3221.

Koornstra, M., Bijleveld, F. & Hagenzicker, M. (1997). *The safety effects of daytime running lights: A perspective on daytime running lights (DRL) in the EU*. (Tech Rep. R-97-36). The Netherlands: SWOV Institute for Road Safety Research.

Kreitz, C., Schnuerch, R., Furley, P. A., & Memmert, D. (2018). What's past is past: Neither perceptual preactivation nor prior motivational relevance decrease subsequent inattentional blindness. *Consciousness and Cognition*, *59*, 1–9.

Land, M. F., & Furneaux, S. (1997). The knowledge base of the oculomotor system. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, *352*(1358), 1231–1239.

Langham, M. P. (1999). *An investigation of the role of vehicle conspicuity in the 'looked but failed to see' error in driving* (Unpublished doctorial dissertation). University of Sussex, UK.

Langham, M., Hole, G., Edwards, J., & O'Neil, C. (2002). An analysis of 'looked but failed to see' accidents involving parked police vehicles. *Ergonomics*, *45*(3), 167–185.

Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(2), 75–82.

Law, T. H., Ghanbari, M., Hamid, H., Abdul-Halin, A., & Ng, C. P. (2016). Role of sensory and cognitive conspicuity in the prevention of collisions between motorcycles and trucks at T-intersections. *Accident Analysis & Prevention*, *96*, 64–70.

Lee, Y. M., Sheppard, E., & Crundall, D. (2015). Cross-cultural effects on the perception and appraisal of approaching motorcycles at junctions. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *31*, 77–86.

Mack, A., & Rock, I. (1998). Inattentional Blindness. *Current Directions in Psychological Science*, 2(5), 3244.

Martens, M. H. (2011). Change detection in traffic: Where do we look and what do we perceive? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *14*(3), 240–250.

Martens, M. H. (2017). The failure to respond to changes in the road environment: Does road familiarity play a role? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*.DOI: 10.1016/j.trf.2017.08.003.

Mccarley, J. S., Steelman, K. S., & Horrey, W. J. (2014). The view from the driver's seat: What good is salience? *Applied Cognitive Psychology*, *28*(1), 47–54.

Most, S. B., & Astur, R. S. (2007). Feature-based attentional set as a cause of traffic accidents. *Visual Cognition*, *15*(2), 125–132.

Murphy, G., & Greene, C. M. (2015). High perceptual load causes inattentional blindness and deafness in drivers. *Visual Cognition*, *23*(7), 810–814.

Musselwhite, C. B. A., Avineri, E., Susilo, Y. O., & Bhattachary, D. (2012). Public attitudes towards motorcyclists' safety: A qualitative study from the United Kingdom. *Accident Analysis & Prevention*, *49*, 105–113.

Pammer, K., Bairnsfather, J., Burns, J., & Hellsing, A. (2015). Not all hazards are created equal: The significance of hazards in inattentional blindness for static driving scenes. *Applied Cognitive Psychology*, *29*(5), 782–788.

Pammer, K., & Blink, C. (2013). Attentional differences in driving judgments for country and city scenes: Semantic congruency in inattentional blindness. *Accident Analysis & Prevention*, *50*, 955–963.

Parthemore, J., & Morse, A. F. (2010). Representations reclaimed: Accounting for the co-emergence of concepts and experience. *Pragmatics & Cognition*, *18*(2), 273–312.

Pringle, H. L., Irwin, D. E., Kramer, A. F., & Atchley, P. (2001). The role of attentional breadth in perceptual change detection. *Psychonomic Bulletin & Review*, *8*(1), 89–95.

Sänger, J., & Wascher, E. (2011). The influence of extrinsic motivation on competition-based selection. *Behavioural Brain Research*, *224*(1), 58–64.

Shahar, A., van Loon, E., Clarke, D., & Crundall, D. (2012). Attending overtaking cars and motorcycles through the mirrors before changing lanes. *Accident Analysis & Prevention*, *44*(1), 104–110.

Shiferaw, B., Stough, C., & Downey, L. (2014). Drivers' visual scanning impairment under the influences of alcohol and distraction: A literature review. *Current Drug Abuse Reviews*, *7*(3), 174–182.

Shinoda, H., Hayhoe, M. M., & Shrivastava, A. (2001). What controls attention in natural environments? *Vision Research*, *41*(25-26), 3535–3545.

Simons D. J, Chabris C. F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattentional blindness for dynamic events. *Perception*, *28*(9), 1059–1074.

Son, J., & Park, M. (2017). Situation awareness and transitions in highly automated driving: A framework and mini review. *Journal of Ergonomics*, 7(5), 212. DOI: 10.4172/2165-7556.1000212.

Strayer, D. L., & Fisher, D. L. (2015). SPIDER: A framework for understanding driver distraction. *Human Factors*,

58(1), 5–12.

SWOV. (2017). *Motorcyclists: SWOV-Factsheet*. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands. https://www.swov.nl/en/facts-figures/factsheet/motorcyclists

Thomson, G. A. (1980). The role frontal motorcycle conspicuity has in road accidents. *Accident Analysis & Prevention*, *12*(3), 165–178.

Torrez, L. (2008). Motorcycle conspicuity: Effects of age and daytime running lights, *Human Factors*, *52*(3), 355–369.

Ward, E. J., & Scholl, B. J. (2015). Inattentional blindness reflects limitations on perception, not memory: Evidence from repeated failures of awareness. *Psychonomic Bulletin & Review*, *22*(3), 722–727.

Wells, S., Mullin, B., Norton, R., Langley, J., Connor, J., Lay-yee, R., & Jackson, R. (2004). Motorcycle rider conspicuity and crash related injury: Case-control study. *British Medical Journal*, *328*(7444), 857.

Wulf, G., Hancock, P. A., & Rahimi, M. (1989). Motorcycle conspicuity: An evaluation and synthesis of influential factors. *Journal of Safety Research*, *20*(4), 153–176.

Why does a driver can not see a critical event on the road? Interaction between "bottom-up" and "top-down" processing mechanisms

YUAN Luyi; CHANG Ruosong; MA Jinfei

(*School of Psychology, Liaoning Normal University, Dalian* 116029, *China*)

Abstract: It causes a significant hazard to traffic safety the car drivers have been looking in the direction where the other road users were but have not perceived the presence of the other parties, which is called 'looked-but-failed-to-see' (LBFTS) error. This paper first analyzes the main factors which contribute to LBFTS from the perspective of both bottom-up and top-down mechanisms. That Computational Framework is not able to fully explained circumstances because of its insufficient consideration of driver's practical experience, expectancy and attentional set. Therefore, the extended model of Computational Framework is proposed to offer comprehensive explanations to the LBFTS using bottom-up and top-down mechanisms.

Key words: sensory conspicuity; mental workload; attentional set; driver schemata; inattentional blindness